



Pla Docent de l'Assignatura

Guia Docent

Nom de l'assignatura: Fonaments computacionals dels sistemes audiovisuals

Curs: Tercer **Trimestre:** Primer

Estudis: Grau en Enginyeria en Informàtica (Optativa) i Grau en Enginyeria en Sistemes Audiovisuals (Optativa)

Codi assignatura: 22506

Nombre de crèdits ECTS: 4

Nombre total d'hores de dedicació: 100 hores Llengua o

llengües de docència: català i anglès **Professorat:** Coloma Ballester, Pablo Arias

Professorat responsable: Coloma Ballester, Pablo Arias

1. Dades descriptives de l'assignatura

Nom de l'assignatura: Fonaments computacionals dels sistemes audiovisuals

Curs: Tercer **Trimestre:** Primer

Estudis: Grau en Enginyeria en Informàtica(Optativa) i Grau en Enginyeria en Sistemes Audiovisuals (Optativa)

Codi assignatura: 22633 / 22590 / 22506

Nombre de crèdits ECTS: 4

Nombre total d'hores de dedicació: 100 hores **Llengua o**

llengües de docència: català i anglès **Professorat:** Coloma Ballester, Pablo Arias

Professorat responsable: Coloma Ballester, Pablo Arias

2. Presentació de l'assignatura

Aquesta assignatura té per objectiu oferir una introducció als fonaments computacionals de l'Enginyeria en Sistemes Audiovisuais. Més concretament ens centrarem en l'estudi dels algorismes numèrics i d'optimització que estan al darrere de moltes tasques en processat d'imatge i de vídeo, visió per computador, reconstrucció 3D, en tasques de classificació i de cerca, per exemple de música en una base de dades o de cadenes de DNA, en reconeixement de patrons, en xarxes neurals, i un llarg etcètera que anirem precisant durant el curs.

Deixant clar que totes les assignatures optatives són independents, és important notar que aquesta assignatura ofereix una perspectiva de gran utilitat a l'hora d'aprofundir en els aspectes més avançats d'una sèrie d'altres assignatures optatives (o no) relacionades amb els temes abans esmentats.

Hem de reconèixer que la temàtica és ambiciosa ja que, d'una banda pretenem cobrir una sèrie d'algorismes de gran utilitat transversal i d'altra banda explicar com els algorismes s'apliquen a problemes concrets, explicant el seu context i els aspectes de modelització sots jacents. És a dir, partint d'un problema real, intentarem crear un model que el representi i que es pugui traduir en un algorisme efectiu per a resoldre'l. Seleccionarem els models de forma adequada de manera que l'alumne pugui transitar de manera còmoda per aquestos múltiples camins. Queda clar que donat el contingut el temari, no es tracta d'una assignatura de matemàtiques plena de demostracions. Ara be, fer càlculs (i analitzar exemples) és inevitable si volem comprendre l'essencial.

En altres paraules tindrem en compte els tres aspectes bàsics següents: modelització, anàlisi/computació i experimentació, encara que el pes més important de l'assignatura estarà en la part de computació.

Un dels ingredients fonamentals de l'assignatura és el desenvolupament de les pràctiques, en un total de sis i en les quals els alumnes faran servir algunes llibreries proporcionades però també hauran de programar alguns dels algorismes estudiats.

Es recomana haver cursat amb èxit les següents assignatures: Àlgebra Lineal i Matemàtica Discreta i Càlcul i Mètodes Numèrics.

3. Competències a assolir a l'assignatura

Competències¹ a treballar a l'assignatura segons l'indicat en el pla d'estudis del grau.

Competències transversals	Competències específiques
<p><i>Instrumentals</i></p> <p>G1. Capacitat d'anàlisi i síntesi</p> <p>G2. Capacitat d'organització i planificació</p> <p>G3. Capacitat per aplicar els coneixements a l'anàlisi de situacions i la resolució de problemes</p> <p>G4. Habilitat en la cerca i la gestió de la informació</p> <p>G5. Habilitat en la presa de decisions</p> <p><i>Interpersonals</i></p> <p>G8. Capacitat de treball en equip</p> <p><i>Sistèmiques</i></p> <p>G11. Capacitat d'aplicar amb flexibilitat i creativitat els coneixements adquirits i d'adaptar-los a contextos i situacions noves</p> <p>G12. Capacitat per progressar en els processos de formació i</p>	<p><i>Competències Específiques de Formació Bàsica</i></p> <p>E1. Adquirir els coneixements bàsics que són els fonaments d'optimització: càlcul en varies variables, màxims i mínims, problemes amb restriccions i multiplicadors de Lagrange, condicions d'optimalitat.</p> <p>E2. Coneixement dels algorismes bàsics d'àlgebra lineal computacional. Normes i mesures d'error. La descomposició en valors singulars.</p> <p>E3. Adquirir els coneixements bàsics d'optimització sense restriccions. Els mètodes de descens del gradient, de gradient conjugat i mètode de Newton.</p> <p>E4. Adquirir els coneixements bàsics d'optimització amb restriccions. Les condicions d'optimalitat de Kuhn-Tucker. Mètodes de penalització. Dualitat. Algorismes primal-dual.</p> <p>E5. Coneixement d'algorismes per a problemes quadràtics. Aplicacions a classificació: support vector machines.</p> <p>E6. Coneixement de l'algorisme del simplex, de programació dinàmica i d'optimització en grafs: mètode de flux màxim i tall mínim.</p> <p>E7. Adquirir la pràctica d'implementar algorismes d'optimització i aprendre com validar-los experimentalment.</p>

1 **Competències transversals:** Aquelles que es requereixen en l'exercici de qualsevol titulació o carrera (comunicació verbal i escrita, pensament analític i sistèmic, resolució de problemes, creativitat, etc.). Es classifiquen en:

- Instrumentals: Inclouen habilitats cognitives, metodològiques, tecnològiques i lingüístiques. (Ex: capacitat d'organitzar i planificar, capacitat de comunicar-se amb propietat de forma oral i escrita en català, castellà i/o anglès, tant davant d'audiències expertes com inexpertes).
- Interpersonals: Es defineixen com habilitats que tendeixen a facilitar els processos d'interacció social i cooperació. (Ex: capacitat per a treballar en grup, expressió del compromís ètic/social).
- Sistèmiques o integradores: Suposen una combinació de comprensió, sensibilitat i coneixement que permeten veure com s'agrupen i s'estableixen relacions entre les parts d'un tot. Aquestes competències requereixen, com a base, l'adquisició prèvia de competències instrumentals i interpersonals. (Ex: capacitat d'adaptar-se a nous contextos d'aprenentatge)

Competències específiques: Es relacionen amb els coneixements i pràctiques concretes del grau. (Ex: capacitat de descriure, programar, validar i optimitzar protocols i interfaces de comunicació en els diferents nivells d'una arquitectura de xarxes)

<p>aprenentatge de manera autònoma i contínua</p>	<p><i>Competències Instrumentals</i></p> <p>G3. Capacidad para aplicar los conocimientos al análisis de situaciones y la resolución de problemas.</p> <p>G11. Capacidad de aplicar con flexibilidad y creatividad los conocimientos adquiridos y de adaptarlos a contextos y situaciones nuevas</p> <p>G12. Capacidad para progresar en los procesos de formación y aprendizaje de manera autónoma y continua</p> <p><i>Competències de tecnologia específica: Sistemes Audiovisuals</i></p> <p>AU14. Adquirir els coneixements bàsics sobre mètodes numèrics d'optimització de problemes lineals i no lineals sense i amb restriccions. Tenir un coneixement de les aplicacions d'aquests mètodes en l'enginyeria i en particular, en l'enginyeria de la comunicació audiovisual.</p> <p>AU15. Adquirir els coneixements bàsics sobre l'anàlisi de dades, estudiant les seves regularitats, tècniques de predicció i algorismes de classificació.</p> <p>AU18. Adquirir els coneixements bàsics sobre l'anàlisi d'imatges. Adquirir els coneixements bàsics sobre l'obtenció de forma a partir del moviment, de la visió estereoscòpica, de la textura o de la intensitat.</p> <p>AU19. Adquirir els coneixements sobre l'estimació de paràmetres d'una càmera. Adquirir els coneixements bàsics sobre les relacions geomètriques entre diverses vistes d'una escena i la geometria de l'escena a partir d'imatges.</p> <p>AU20. Adquirir els coneixements bàsics de les tècniques de traçat de rajos, del modelatge geomètric i de la generació d'imatges sintètiques.</p> <p>AU22. Entendre i conèixer els principis matemàtics en els quals es basen els sistemes de codificació d'àudio i música. Entendre i conèixer els</p>
---	--

	<p>avantatges i inconvenients de cadascun d'aquests sistemes de codificació d'àudio i música.</p> <p>AU23. Saber decidir que sistema de codificació d'àudio i música ha d'utilitzar-se per a una determinada aplicació.</p> <p>AU24. Entendre i conèixer els principis matemàtics en els quals es basen els sistemes de codificació d'imatge fixa i vídeo. Entendre i conèixer els avantatges i inconvenients de cadascun d'aquests sistemes de codificació d'imatge fixa i vídeo.</p> <p>AU25. Saber decidir que sistema de codificació d'imatge fixa i vídeo ha d'utilitzar-se per a una determinada aplicació.</p> <p>AU27. Conèixer i saber aplicar els principis bàsics de processament de vídeo dins del context dels sistemes multimèdia.</p> <p>AU37. Conèixer les tècniques bàsiques de la mineria de dades i textos en la web i capacitat per aplicar-les per a problemes concrets.</p> <p>AU39. Domini de les tècniques avançades de la cerca intel·ligent d'informació en la web.</p>
--	---

4. Continguts

Bloc 1: Introducció i motivació: Exemples de problemes d'optimització.

- a) Càlcul del flux òptic en seqüències de vídeo. El flux òptic representa el camp de moviment en una seqüència de vídeo. Exemples: control del moviment d'una pilota en jocs per ordinador, seguiment d'objectes, compressió de vídeo, alineament d'imatges, etc.
- b) Càlcul de profunditats per a la reconstrucció d'escenes 3D . Exemple: reconstrucció de ciutats.
- c) Problemes de classificació: Support Vector machines. Exemple: detecció i identificació de logotips.
- d) Problemes de restauració d'imatges i de vídeo. Problemes de super-resolució. Exemple: a partir d'un vídeo de vigilància que ha observat a un eventual infractor augmentar la seva resolució per a poder veure els detalls de la persona.
- e) Problemes de regressió i aprenentatge a partir de dades.

Aquests models serviran d'exemple al llarg del curs i aplicarem els diversos algorismes proposats per a la seva resolució numèrica.

Bloc 2: Tema 2. Complementos d'àlgebra lineal. Normes i mesures d'error. Mínims quadrats. Descomposició en valors singulars (singular value decomposition).

Aquest tema te per objectiu fer un repàs de l'àlgebra lineal, en particular del càlcul de valors i vectors propis. En aquest context parlarem de l'algorisme per a calcular la descomposició en valors singulars i les seves aplicacions. Per esmentar-ne dues: aplicació en problemes de calibració de càmeres i reducció de dimensionalitat en conjunts de dades (com representar dades multi-dimensionals a partir de variables significatives).

Explicarem també les normes més utilitzades en mesures d'error. La norma euclidiana n'és un exemple, però no l'únic i altres normes (L^p) són útils en la pràctica. Per exemple, l'anomenada norma L^1 és molt útil ja que és robusta a outliers (valors aberrants) i està relacionada amb estadístics robusts, en aquest cas el valor medià. Aquesta norma és molt útil en problemes de representació 'sparse' de dades a partir dels elements d'un diccionari ja que permet representar les dades de manera més econòmica.

Explicarem també el problema de regressió o d'ajust de dades per mínims quadrats. Aquesta és una de les aproximacions més standard i útils en la pràctica.

Bloc 3: Màxims i mínims, multiplicadors de Lagrange. Convexitat. Problemes d'optimització amb restriccions convexes: Condicions d'optimalitat de Kuhn-Tucker.

Donarem una introducció al càlcul de màxims i mínims per a funcions de varies variables. Explicarem el problema del càlcul de màxims i mínims de funcions amb restriccions sobre les variables: La tècnica emprada és coneguda com a multiplicadors de Lagrange. Recordarem el significat i interpretació física de la solució.

Definirem les funcions convexes i explicarem com les funcions convexes (no

idènticament infinites) tenen mínims. Aquest és el fonament més important per a l'estudi de problemes d'optimització. Estudiarem com calcular el mínim d'una funció convexa amb restriccions convexes sobre les variables. Les solucions satisfan les anomenades condicions d'optimalitat de Kuhn-Tucker que permeten escriure les equacions per al seu càlcul.

Bloc 4: Optimització sense restriccions. Algorismes de cerca en línies. Algorismes de descens de gradient. Algorisme de gradient conjugat. Mètodes de Newton. Mètode de Gauss-Newton. Algorismes de regió de confiança: Algorisme de Levenberg-Marquardt.

Aquests algorismes són fonamentals en la solució de problemes pràctics ja que permeten calcular mínims de funcions no lineals de moltes variables. L'estructura general ve donada per la idea de cerca al llarg de línies de descens de la funció objectiu (a optimitzar). L'algorisme de descens del gradient cerca en la direcció oposada al gradient. L'algorisme de gradient conjugat proposa altres cerques que són més efectives en el cas de problemes quadràtics (amb matriu definida positiva). L'algorisme de Newton permet calcular els zeros de funcions no lineals, en particular permet resoldre problemes de minimització. L'algorisme de Gauss-Newton és una variant de Newton adaptada a la solució de problemes de mínims quadrats no lineals. L'algorisme de Levenberg-Marquardt és una variant del mètode de Gauss-Newton. És de gran utilitat en calibració de càmeres (càlcul dels paràmetres de la càmera com la distància focal, el centre òptic, etc. I també de la seva posició en l'espai) per a optimitzar els funcionals d'error que descriuen la bondat d'ajust dels paràmetres cercats.

Aplicacions: a) càlcul del flux òptic, b) alineament de dues imatges, c) càlcul de la profunditat en reconstrucció 3D, d) càlcul dels paràmetres d'una càmera, e) entrenament d'una xarxa neural en problemes de regressió.

Bloc 5: Optimització amb restriccions. Condicions d'optimalitat de Kuhn-Tucker. El mètode de penalització. Barreres. El mètode de Lagrangià augmentat. Dualitat. Algorismes primals-duals.

Abordarem en aquest capítol la solució de problemes d'optimització amb restriccions. Recordarem les condicions d'optimalitat de Kuhn-Tucker. Explicarem els mètodes de penalització, el mètode de barreres logarítmiques i el mètode del Lagrangià augmentat.

Explicarem el concepte de dualitat i els algorismes primals-duals. Utilitzarem exemples de problemes lineals amb restriccions lineals i exemples de problemes no lineals relacionats amb el mètode de regularització per a la solució de problemes "mal-posats" (ill-posed). Tornarem a utilitzar-lo en el capítol següent on tractarem problemes d'optimització quadràtica.

Aplicacions: a) restauració d'imatges, b) problemes d'optimització amb regularitzadors robustos (per exemple: reconstrucció 3D de superfícies a partir de núvols de dades aproximades), c) problemes d'optimització lineal amb restriccions.

Bloc 6: Problemes quadràtics. Exemples: alguns problemes d'optimització associats a la classificació: support vector machines (SVM).

Ens centrarem en l'estudi d'alguns problemes quadràtics que apareixen en classificació de patrons (teoria estadística de l'aprenentatge). Estudiarem la seva formulació primal,

la dual i la formulació primal dual. Estudiarem el mètode de projecció del gradient. Estudiarem també un mètode basat en la solució del problema primal-dual.

Bloc 7: El mètode del Simplex. Programació dinàmica. El problema de flux màxim i tall mínim o Max-flow/min-cut.

L'objectiu és explicar aquestos algorismes que han adquirit una importància enorme degut a la seva capacitat per a resoldre problemes no lineals de gran complexitat.

Aquestos algorismes tenen una gran versatilitat i s'han aplicat a molts problemes pràctics com, per exemple, cerca de música en grans bases de dades, identificació de cadenes de DNA (o de text), càlcul de la disparitat (profunditats) en problemes de estèreo, segmentació d'imatges, i un llarg etcètera.

5. Avaluació del nivell d'assoliment de les competències

L'avaluació serà contínua i els mecanismes d'avaluació de les competències seran:

- Pràctiques als laboratoris d'ordinadors: sis pràctiques. La realització de les pràctiques en les classes corresponents és un requisit indispensable per a aprovar l'assignatura. La nota de les practiques compta un 40% de la nota final. La nota final de pràctiques s'establirà després d'una entrevista personal. Aquesta part **no és recuperable**.
- Prova final individual: sobre aspectes teòrics i exercicis similars als realitzats als seminaris o explicats a les classes teòriques i de seminaris. També hi haurà preguntes relacionades amb les pràctiques de l'assignatura. Aquesta prova compta un 60%. Per aprovar l'assignatura, la nota mínima obtinguda en aquesta prova escrita ha de ser de 5. **Aquesta part és recuperable**.

Competències a assolir en l'assignatura	Indicador d'assoliment	Procediment d'avaluació	Temporalització
Capacitat d'anàlisi i síntesi (Ins1)	Resolució de qüestions teòriques i pràctiques. Proposta de solucions a problemes plantejats. Consulta de bibliografia	Seminaris, practiques, sessions de teoria i proves individuals.	Tot el trimestre.
Capacitat per a aplicar els coneixements a l'anàlisi de situacions i a la resolució de problemes (Ins2).	Anàlisi correcte i proposta de solució de problemes plantejats.	Seminaris, practiques i proves individuals.	Tot el trimestre.
Capacitat de treball en equip (I1)	Participació en les	Pràctiques i seminaris.	Tot el trimestre.

	practiques i en els seminaris.		
Capacitat d'aplicar amb flexibilitat i creativitat els coneixements adquirits i d'adaptar-los a contextos i situacions noves (S1)	Treball en pràctiques i seminaris.	Pràctiques i seminaris.	Tot el trimestre
Capacitat per a progressar en els processos de formació i aprenentatge de manera autònoma i contínua (S2)	Qualitat de les memòries de pràctiques, del resultat de seminaris i revisió del material de teoria.	Teoria, Pràctiques i seminaris.	Tot el trimestre
Competències específiques: E1-E8	Realitzar correctament les diferents proves de l'assignatura.	Pràctiques, proves intermitges i prova final	Tot el trimestre

6. Bibliografia i recursos didàctics

Bibliografia bàsica:

- J. NOCEDAL, S.J. WRIGHT, *Numerical optimization*, Springer Verlag 1999.
- S.P. BOYD, L. VANDENBERGHE, *Convex optimization*, Cambridge University Press, 2004.

Bibliografia complementària:

- R. I. HARTLEY, A. ZISSERMAN, *Multiple view geometry in computer vision*, Cambridge University Press, 2000.
- R. SZELISKI, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2011. (disponible en línia a: <http://szeliski.org/Book/>).
- J. MARSDEN, A. TROMBA, *Vector Calculus*, WH Freeman, 2003.

Recursos didàctics i material docent:

Els professors posaran més material a l'abast dels alumnes mitjançant l'aula moodle de l'assignatura. Aquest material anirà des de textos complementàries i

articles, per a les sessions de teoria, fulls d'exercicis per a les sessions de seminari, guions de pràctiques i fonts d'informació diversos per a les sessions de pràctiques.

7. Metodologia

La metodologia d'aquesta assignatura combina sessions presencials, treball individual i treball en grup. Les sessions presencials seran tant sessions magistrals d'explicació del professor com sessions de pràctiques de laboratori i sessions de seminari, amb treball individual i en grup realitzat pels alumnes. Les sessions magistrals i de seminaris tindran una durada de dues hores. Les pràctiques tindran una durada de dues hores.

De forma més detallada, el treball dins i fora de l'aula s'ha organitzat de la forma següent:

- **Sessions magistrals o de grup gran:** es tracta de nou sessions en les que s'introdueixen els conceptes teòrics i es mostren els procediments adequats per a la resolució de pràctiques i problemes. El professor explicarà els conceptes teòrics bàsics i s'encarregarà de proposar i resoldre exemples de problemes tipus per tal de clarificar la teoria i per tal que els alumnes tinguin una primera aproximació a allò que es trobaran a la classe de seminaris. El pes de la sessió el porta el professor i s'espera dels alumnes que participin realitzant preguntes i comentaris.
- **Pràctiques amb ordinador:** són 6 sessions en grup mitjà, de dues hores de duració. Prèviament els alumnes disposaran de l'enunciat i material necessari per a preparar la sessió. La dinàmica d'aquestes sessions és la següent: En primer lloc, el professor fa una explicació breu de la pràctica a desenvolupar i després els alumnes treballen per a la realització de la pràctica que entregaran al acabar la classe.
- **Sessions de seminari:** són 3 sessions, de dues hores de duració. En aquestes sessions es resoldran exercicis pràctics sobre el contingut del temari explicat a les classes de teoria. Prèviament els alumnes disposaran dels enunciats i material necessari per a preparar la sessió.

Blocs de contingut	Hores a l'aula			Hores fora de l'aula
	Grup gran	Grup mitjà	Grup petit	
Bloc 1	2	0	0	0
Bloc 2	2	2h	1h	8
Bloc 3	3	2h	1h	8
Bloc 4	3	2h	1h	10
Bloc 5	4	2h	1h	10
Bloc 6	2	2h	1h	8
Bloc 7	2	2h	1h	10
Examen				10
Total	18	12	6	64

100 d'hores total (ECTS*25)

8. Programació d'activitats

- Programació de sessions presencials

	Dimarts 14.30-16.30	Dimecres 18.30-20.30	Dijous 16.30-18.30
1 24-28 set	25/09	26/09 Teoria T1 2 hores	27/09
2 1-5 oct	02/10	03/10 Teoria T2 2 hores	04/10
3 08-12 oct	09/10 Pràctica 1 2 hores	10/10 Teoria T3 2 hores	11/10 Teoria T4 2 hores
4 15-19 oct	16/10 Pràctica 2 2 hores	17/10 Teoria T5 2 hores	18/10 Seminari S1 2 hores
5 22-26 oct	23/10 Pràctica 3 2 hores	24/10 Teoria T6 2 hores	25/10
6 29 oct-2 nov	30/10	31/10 Teoria T7 2 hores	01/11 FESTIU
7 5-09 nov	06/11 Pràctica 4 2 hores	07/11 Teoria T8 2 hores	08/11 Seminari S2 2 hores
8 12-16 nov	13/11 Pràctica 5 2 hores	14/11	15/11
9 19-23 nov	20/11	21/11 Teoria T9 2 hores	22/11 Seminari S3 2 hores
10 26 -30 nov	27/11 Pràctica 6 2 hores	28/11	29/11
11 3 – 4 des	04/12	05/12	NO LECTIU

- Llistat d'activitats (amb termini de lliurament i avaluació)

Activitat	Data enunciat	Data lliurament	Data de lliurament de resultats
Pràctica 1	9 Octubre 2012	16 Octubre 2012	23 Octubre 2012
Pràctica 2	16 Octubre 2012	23 Octubre 2012	30 Octubre 2012
Pràctica 3	23 Octubre 2012	30 Octubre 2012	6 Nov. 2012
Pràctica 4	6 Nov. 2012	13 Nov. 2012	20 Nov. 2012
Pràctica 5	13 Nov. 2012	27 Nov. 2012	4 Dic. 2012
Pràctica 6	27 Nov. 2012	4 Dic. 2012	7 Dic. 2012